開 束 装 置*

(昭和 28 年 12 月 3 日受理) 会 員 渡 辺 茂 豊田信吉郎**

池 永 昌 弘 今 村 欽 一

—→ 摘 要 ←—

研 究 目 的

化学繊維のトウを処理しようとするとき、あらかじめ、これを平に開いておきたい場合がある。トウを開く装置をかりに開束装置と名付け、この装置として、横方向に細長いスリットが上下に振動するものを一案として考え、このスリットにトウを通すならば、トウはどの程度に開くであろうかという問題を調べようとした。

研 究 結 果

この開束装置を試作し、直線形のスリットを、適正な振巾と振動数によって運転したところ、かなりの程度にトウを開くことができた。運転は安定であって他の方法に比べると繊維を損傷することが少ない。従ってケバをつくる心配は皆無であるが、繊維が互に密着している場合にはいささか成績が落ちる。このような場合には他の簡単な方法を併用すれば、十分に効果を挙げることができるものと思われる。

1. ま え が き

開束装置の使用目的として考えられる場合は、次の通りである。

(1) パシフィック コンバータやパーロックにトウを送り込む前に、本装置を通せばトウは一樣に分散し、ローラの把持圧力は均等になり、切断荷重が一樣になる。

(2) 化学繊維を機械的に捲縮¹⁾する前に、この装置を通せば捲縮が平均に行われる。

(3) 湿ったトウの乾燥行程の前に用いる。

このように繊維を分散させることによって、加工を容易にする場合がいろいろ考えられるが、一般にいってトウを開こうとすれば、ケバがでたり繊維を弱めたりする。この悪影響を最小限度でくいとめ、しかも開束操作を簡明に行わせる方法として、以下で述べる装置を設計試作しその性能を調べた。

2. 機 構

横方向に極めて細長いスリット B にトウを通し、これを上下に振動させながら、第 1 図のように送り出し、ローラ A からスリット B を経て巻き取りローラ C へとトウを送ってやると

(1) AB 間において——トウに振動が与えられることにより、固まった繊維がほぐされ、かつスリット B 内において、繊維の運動が上下方向に束縛され、横方向

には自由であるため繊維は横に拡がって行く。

(2) スリット B において——スリットの上端が交互にトウを叩くことにより、これに運動エネルギーが与えられ、そのエネルギーを受けて繊維の 1 本 1 本が互いに干渉し合って自由度の大なる横の方向に一樣に分散する。

(3) BC 間において—— AB の場合と同様であるが、ここでは大体 B に至るまでに横方向に分散したトウの状態を C まで持続して行くことになる。

従って装置は第 1 図に示すようになる。

1. 送り出しローラ A と巻き取りローラ C はサイ

(第 1 図) 開束装置の概要と測定方法

* Endless Tow Opening Machine.

** S. Watanabe, S. Toyoda, M. Ikenaga, K. Imamura, Member. 東京大学工学部

クロ減速装置付交流モータにより回転させ、両者によってトウに与えられる送り速度は当然等しくなるようにしてある。

2. スリット付振動板を上下に振動させるには
カム機構（小振巾、大振動数の場合）……………B'
クランク機構（大振巾、小振動数の場合）……………B
の2種の機構を用いた。これらの駆動には直流分捲電動機を用い振動数を簡単に換えられるようにした。又クランク機構を用いる際には振巾(r)をも可変ならしめた。

3. 測定方法

巻き取りローラ C とアイドラ D との間において、繊維の横方向分散状態（部分的疎密の度合）を調べるために第1図のように豆ランプと照度計(光電池)の組合せよりなる検出装置を設けた。光電池の感光面は横巾 1 cm のスリットに限定し、検出装置全体を順次左から右へと 1 cm づつ移動させて、分散されたトウの各部の疎密が、そこにおいて光電池に入る光量と比例関係にある（詳細は次項参照）ということにより、光電池に接続したメータの指針の振れを読んでトウの各部の疎密度を定量的に検出した。また上記の検出と同時に繊維の分散状態を写真に撮って記録した。

4. 試験方法

本装置の性能試験を行うに当っては、その開束性能に影響すると考えられる。装置に関する各種の可変なる条件が極めて多いことに注目しなければならない。その主なるものをとっても、(1) トウの送り速度: $F(\text{cm/sec})$
(2) 振動するスリットの平均高さ: $hm(\text{mm})$, (3) スリットの振動数: $f(\text{cy/min})$, (4) スリットの振巾: $a=r(\text{cm})$, (5) スリットの型及び巾, (6) 開かれた状態におけるトウの横方向の平均密度: $G/b(\text{den/cm})$
(7) 送り出しローラと巻き取りローラとの間にあるトウの長さ、(これは無論 a , hm 及び $L(=2l)$ に関係する) (8) トウの種類等が挙げられる。

本実験では主としてスリットの振動数、振巾及びその形を種々変化させ、またその他の条件も若干適当に変化させて、開束結果が最良になるための条件を見出そうとした。

次に開束結果の良、不良の判定方法に関して、前記の測定装置により得られたデータ（開かれたトウの巾 1 cm 毎の疎密の度合を示すメータの読みの記録）の扱い方を説明する。

実験に用いた資料は 270 000 den. のビスコース人絹の

トウであって、これを巾 20cm に一様に開かせることを目的とした。

さて開いたトウの密度を左から右方へと 1 cm づつ測定して行き、おのおのについてのメータの読みをそれぞれ x_i とすると、標準偏差 σ は

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (x_i - m)^2}{20}} \quad \text{但し} \quad m = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} x_i \quad \cdots (1)$$

である。

次に同一資料を用いて、1 cm 当り 13 500 den. の密度を有する開いたトウのサンプルを別につくり、これを偏差 $\pm 0\%$ とし、更にこれを基準にして偏差 $\pm 100\%$, $+50\%$, $+25\%$, -100% , -50% , -25% の6種類のトウのサンプルをつくる。(例えば偏差 $+100\%$ のトウとは 1 cm に 27 000 den. の密度を有するもの) これらのサンプルを前記検出装置によりそれぞれ測定して、第2図のごときグラフを得る。ここで大体トウの疎密とメータの読みとが、直線関係になることがわかり、かつその直線の勾配より、メータの読みの1目盛りが密度の偏差 2.5% に相当することがわかる。従って上記標準偏差を%で表現すれば

$$\sigma = 2.5 \times \sqrt{\frac{\sum (x_i - m)^2}{20}} = 0.56 \times \sqrt{\sum (x_i - m^2)} \% \quad \cdots (2)$$

となる。以下用いたトウの分散の状態を示すには、(2) 式を用い疎密度の標準偏差を%をもって表わすことにする。

(第2図) 照度計の目盛りの読みと偏差との関係

5. 試験結果

(1) カム機構を用いてスリット付振動板を上下に振動させた場合

この場合は小振巾、高振動数の振動となり、振巾は $a = 1.5 \text{ mm}$, 振動数は $f = 3\,000 \sim 5\,000 \text{ cy/min}$, トウの送り速度は $F = 2.82 \text{ cm/sec}$, スリットの巾は 2 mm とした。しかしながら小振巾、大振動数という条件でトウに

振動エネルギーを加える場合には、エネルギーの授受がスリットの附近のみで行われる故、繊維を開く工程（第1図のAB間）が殆んどなくなりスリットの形状をどのように作り変えても、期待したほどの効果を挙げることができなかったで、詳しい説明は省略し、次の場合について述べる。しかし繊維相互がくっついていような場合は、これを開くことはできないが、これをほぐすことが

（第3図）開束装置略図（クランク機構）

できることが認められた。

（2）クランク機構を用いて振動板を上下に振動させる場合

第1図においてクランク腕の長さ（振動板の振巾（a））は0～7.5 cm、スリットの振動数は60～350 cy/minの範囲で可変とした。（第3図参照）

さてここで問題になることは、開束作用の安定性であって、振動するスリット間において繊維が横方向に十分に分散されるためには、その前にまず固まったトウがよくほぐされていなくてはならない。このほぐされ方が不足であると、繊維はスリットの間において所期の巾まで十分に分散し難いし、また一旦十分に分散しても、それに続く部分がよくほぐされていないため再び開きが不足し、開束作用が不安定になってしま

う。そこで以下の実験ではこのような不安定な現象を起さないようにトウをあらかじめ前記のカム機構を用いた振動装置にかけよくほぐしておいた。

実験 1) スリットの曲線の形に関してはまず曲率 $\rho = \pm 50 \text{ cm}$ （+は上に凸、-は下に凸なる曲線）、巾は各2.5 mm なる2種類のスリットについて、スリットの平均高さ $hm = 24.2 \text{ cm}$ 、繊維の送り速度 $F = 2.28 \text{ cm/sec}$ として次の結果を得た。

$$\rho = +50 \text{ cm} \begin{cases} f = 119 \sim 129 \text{ cy/min} \\ a = 4 \sim 7.5 \text{ cm} \end{cases}$$

なる範囲で

$$\sigma = 80 \sim 50 \%$$

（代表例）

$$f = 119 \text{ cy/min}, a = 8 \text{ cm}, \sigma = 92\% \text{ (第4図a)}$$

$$\rho = -50 \text{ cm} \begin{cases} f = 119 \sim 157 \text{ cy/min} \\ a = 4 \sim 7.5 \text{ cm} \end{cases}$$

なる範囲で

（代表例）

$$f = 119 \text{ cy/min}, a = 7.5 \text{ cm}, \sigma = 99.6\% \text{ (第4図b)}$$

（第4図）開いたトウの写真

以上の如くあまり良い結果は得られなかった。ここで分ることは第4図(a), (b)を見れば明らかな如く、曲率は小であっても、上に凸なる曲線のスリットを用いれば、繊維はやはり両側へ分れてしまうし、逆に下に凸なる曲線のスリットを用いれば、真中に繊維が集まってしまうということである。

実験 2) 以上の結果にかんがみて、今後はすべてスリットを直線として実験を行った。まず $f=60\sim 150$ cy/min の範囲において $hm=24.2$ cm, $F=2.82$ cm/sec なる条件のもとでトウをどうにか開かせ得るために必要な a と f との組合せの関係を示したものが、第5図における一番下の曲線(下限値曲線)である。次に同上の条件のもとでトウに与えられるエネルギーが過剰になると、第1図の AB, BC 間においてトウに横振れが生じ、このためスリット間で折角拡がった繊維が再び縮まろうとする傾向が生じて有害である。第5図の一番上の曲線

(第5図) 開束効果をあらわす曲線

(上限値曲線)はこの現象が生ずる限界での a と f との関係を示したものである。そしてこれらの2曲線の中間において、最もよい開束結果の得られる条件を示す曲線(最良値曲線)が得られる。この曲線上において一例を挙げれば次の通りである。

$f=129$ cy/min, $a=5$ cm で $\sigma=60\%$ (第4図c)

但し直線スリットの巾は 1.5 mm である。

なおローラ間のトウの長さは、スリットの最高の位置に対して 4 cm の余裕を持たせてある。(前の場合も今後も同様)

実験 3) 次に $f=180\sim 350$ cy/min の範囲においては、 a が相当小さくても横振れを生じ易いので第1図に示すように、AB 及び BC 間に抑えローラ D' (固定しておらない)を置いて横振れを防いで実験し、第5図の左上部の曲線を得た。この場合の記録の代表例は次の通りである。

$f=296$ cy/min, $a=2$ cm で $\sigma=47\%$ (第4図d)

実験 4) 以上は $hm=24.2$ cm のときの記録であるが、次に $hm=14.2$ cm として前記と同じスリットを用い同じ条件で f 及び a を変化させて多くのデータを取り、それらの値を $f-\sigma$ 座標によってプロットし、その点の散らばりの範囲を $hm=24.2$ cm の場合のそれと比較したのが第6図である。この図によって明らかなる如く $hm=14.2$ cm の場合の方が、やや優れた結果を示しており、この場合の最上の記録は

$f=240$ cy/min $a=4$ cm で $\sigma=41\%$ (第4図e)

実験 5) 実験 4) までに使用したトウは前記の如く本装置に掛ける前に1度カム機構を用いた振動装置を通して、固まりをほぐしたのであるが、今度は全く新しいトウを本装置に連続3度かけることにより、所望の状態に開束することを試みた。 $hm=14.2$ cm としスリット送り等の条件は前と全く同様にして $hm=14.2$ cm のときの最上の記録と同様に $f=240$ cy/min, $a=4$ cm なる振動を与えて新しいトウを送ったところ、第1回目には巾 10 cm に開いて(トウの最初の巾は 2.8 cm)かつその偏差は15%であり、2回目の送りで巾 15 cm 開き、3度目の送りで全然無理なく所定の巾 20 cm に開き、検出の結果、標準偏差40%という良好な分散状態であった。

(第6図)

(第7図)

(第7図の A, B 点及び第4図の (f), (g) を参照)

実験 6) 次にトウの送り速度を変えて見た。送り速度が大で、しかも所期の通り様に繊維が分散することが最も望ましいことは明らかである。ここでは $F=4.08$ cm/sec とし、前の場合より約 50% 増加させた。かくして上記の実験と同様に、 a 及び f を適当に変化せしめて、3 回スリットを通してトウを送り、1 度目には 10 cm に開いてその偏差を測定して第7図の $a-a$ 曲線を得、また 3 度目にはやはり無理なく巾 20 cm に分散せしめてその偏差を測定し、第7図の $b-b$ 曲線を得た。この図より明らかなる如く、送り速度を上げると前の場合に比して結果はやや劣るといえよう。

6. 開 束 理 論

第1図において、トウが A から B を経て C に至る間にスリット B の振動によって与えられる運動エネルギーの大小が、トウを分散させる効果を左右するものと考え、次にこのエネルギーを計算する。ここで ρ (g/cm) を繊維束の線密度、 ω (sec⁻¹) をスリットの角速度、 a (cm) をスリットの振巾、 F (cm/sec) を送り速度とし、 A を原点にとり、送り方向に x 軸を上下方向に y 軸をとる。

A より x なる距離にある dx 部分の繊維束は

$$y = y_0 \cos(\omega t + \phi), \quad dy/dx = v = -y_0 \omega \sin(\omega t + \phi)$$

なる運動をするからエネルギー dE は

$$dE = \frac{1}{2} \rho dx v^2 = \frac{1}{4} \rho dx y_0^2 \omega^2 [1 - \cos 2(\omega t + \phi)]$$

したがって 1 周期間における平均運動エネルギー $d\bar{E}$ は

$$d\bar{E} = \frac{1}{T} \int_0^T dE dt = \frac{1}{4} y_0^2 \omega^2 \rho dx$$

となる。これは dx 部に与えられるエネルギーであるから、 $y = ax/l$ として、繊維束全体について積分し、1 振動周

期間の全運動エネルギー E_t を求めれば

$$E_t = \int d\bar{E} = \frac{1}{12} \rho a^2 \omega^2 l \dots \dots \dots (3)$$

となる。故に単位長さ当り単位時間に与えられるエネルギーを求め、 A から C までトウが送られるに要する時間をかければ、これが開束効果をあらわす運動エネルギー E である。

$$E = E_t \cdot \frac{1}{2l} \cdot \frac{\omega}{2\pi} \cdot \frac{2l}{F} = \frac{\rho a^2 \omega^3 l}{24\pi F} \dots \dots \dots (4)$$

である。すなわち ρl が一定のとき、開束効果は振動振巾の自乗に比例し送り速度に反比例することがわかる。第5図の曲線は $a^2 = k\omega^3$ の形をしているから、(4) 式を実験的に確めている。

7. 結 言

以上でわれわれの試作した開束装置の説明を終るが、最後にこのような装置を通したとき、繊維がどの程度に損傷されるかについて附記しておく。すなわち 1.5 den. のビスコース人絹を、それぞれ 24 本試験した結果、抗張力は 2.50 g/den から 2.43 g/den に、伸び率は 11.7% から 11.4% 減少した。

この研究は文部省科学試験研究「長繊維紡績に関する研究」(主任研究者 兼重寛九郎教授)の一部であって、いろいろと御援助下された鐘紡、富士紡、三菱レイヨンの方々および井筒正夫君に謝意を表する。

註

- 1) 羽根田, 荒井, 渡辺: 化学繊維の機械的捲縮について (本誌, 昭27-10月)
- 2) この理由は、パシフィック コンバータ においては 1 cm につき約 10,000 den. の密度にトウを並べてカットしているので、これから割り出した。